

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **02-061572**  
 (43)Date of publication of application : **01.03.1990**

(51)Int.Cl. **G01R 33/06**  
**G01D 5/18**  
**G11B 5/39**

(21)Application number : **01-152456** (71)Applicant : **KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH GMBH**  
 (22)Date of filing : **16.06.1989** (72)Inventor : **GRUENBERG PETER**

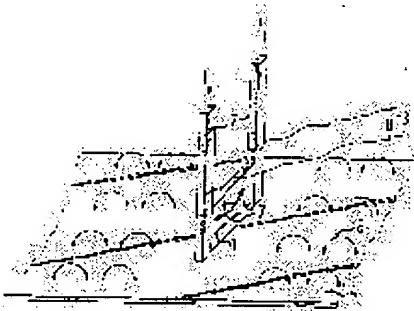
(30)Priority  
 Priority number : **88 3820475** Priority date : **16.06.1988** Priority country : **DE**

## **(54) MAGNETIC FIELD SENSOR WITH FERROMAGNETIC THIN FILM**

### **(57)Abstract:**

PURPOSE: To increase a measurement signal by varying the magnetoresistance of a multilayer film isolated by an intermediate layer from at least two ferromagnetic thin films.

CONSTITUTION: The magnetic field sensor comprises a thin film bundle 1, a current contactor 2 for a current I, and a voltage contactor 3 for a measuring voltage. The bundle 1 has two ferromagnetic thin films A, BV isolated by a nonmagnetic intermediate thin film C. The two magnetizing directions 7 of the films A, B are rotated at a predetermined angle like an arrow, the layer C has a thickness smaller than the free stroke of electrons, and electron scattering action depending upon the spinning direction is affected to the boundary surface with the thin films. Thus, when a signal is received, the sensor moves in the direction 4 for a data memory 4, and an angle  $\Phi$  is changed by the magnetic field (bent arrow 6) generated from data carrier. Thus, the electric resistance of the sensor is changed, and the measurement signal can be obtained by the voltage sensed by the sensor.



## **LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 特許公報 (B2) (11)特許番号

第2651015号

(45)発行日 平成9年(1997)9月10日

(24)登録日 平成9年(1997)5月16日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 11 B 5/39

識別記号

府内整理番号

F I

G 11 B 5/39

技術表示箇所

請求項の数10 (全4頁)

(21)出願番号 特願平1-152456  
 (22)出願日 平成1年(1989)6月16日  
 (65)公開番号 特開平2-61572  
 (43)公開日 平成2年(1990)3月1日  
 (31)優先権主張番号 P 3820475.4  
 (32)優先日 1988年6月16日  
 (33)優先権主張国 ドイツ(DE)

(73)特許権者 999999999  
 フォルシュングスツエントルム・ユーリッヒ・ゲゼルシャフト・ミト・ベシュレンクテル・ハフツング  
 ドイツ連邦共和国、ユーリッヒ(番地無し)  
 (72)発明者 ペーテル・グリューンベルク  
 ドイツ連邦共和国、ユーリッヒ、アインシュタインストラーゼ、34  
 (74)代理人 弁理士 江崎 光史

審査官 仲間 晃

(56)参考文献 特開 昭59-112421 (JP, A)

(54)【発明の名称】強磁性薄膜を有する磁場センサ

1

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】強磁性薄膜および磁気記憶されたデータを読み取るために付属している電流接触子と電圧接触子を有する磁場センサにおいて、  
 中間層(C)で分離されている少なくとも二つの強磁性薄膜(A,B)を使用し、これ等の強磁性薄膜が、外部磁場(H<sup>b1</sup>, H<sup>b2</sup>)の作用なしの下で、またはこの作用の下で、両方の強磁性薄膜の磁化方向を一定の方向に関して逆平行にする材料で構成され、中間層(C)が電子の平均自由行程より小さい膜厚を有し、両方の強磁性薄膜との境界面でスピニ向に依存する電子散乱を発生させる材料で構成されていることを特徴とする磁場センサ。  
 【請求項2】強磁性薄膜(A,B)として保磁力H<sub>c</sub>の異なる材料を用いることを特徴とする請求項1に記載の磁場センサ。

2

【請求項3】前記強磁性薄膜としてFe, Ni, Coおよび適当な方法で添加させた前記原子の合金のような遷移金属を用いることを特徴とする請求項2に記載の磁場センサ。

【請求項4】反強磁性材料の付加的な薄膜(D)を用い、この薄膜が両方の強磁性薄膜の一方に接していることを特徴とする請求項1に記載の磁場センサ。

【請求項5】強磁性薄膜(A,B)としてFe, Ni, Coおよびこれ等の原子の軟磁性合金のような材料を用いることを特徴とする請求項4記載の磁場センサ。

10 【請求項6】中間層(C)として膜厚が1~10nmのAu, Cr, V, Ruのような材料を用いることを特徴とする請求項2~5の何れか1項に記載の磁場センサ。

【請求項7】付加的な反強磁性薄膜(D)としてMnFeを用いることを特徴とする請求項4に記載の磁場センサ。

【請求項8】強磁性薄膜(A,B)としてFe, Ni, Coおよび

これ等の原子の合金のような材料を用い、中間層(C)は両方の強磁性薄膜の間に反強磁性結合をさせて、両方の薄膜が磁気的に逆平行になる材料で構成されていることを特徴とする請求項1に記載の磁場センサ。

【請求項9】中間層(C)としてCrまたはYを用いることを特徴とする請求項8に記載の磁場センサ。

【請求項10】中間層(C)として0.3~2nmの膜厚を用いることを特徴とする請求項8に記載の磁場センサ。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 〔産業上の利用分野〕

この発明は、強磁性薄膜および磁気記憶データを読み取るために付属している電流接触子とを有する磁場センサに関する。

##### 〔従来の技術〕

電流Iが流れ、使用時に磁気抵抗効果を利用する磁性薄膜の磁場センサは周知である。この磁場センサの応用分野は、第一に(例えば、コンパクトディスク、フロッピーディスク、磁気テープ)の磁気記憶されたデータの読み取りがあるが、磁場を高い空間分解能で検出する全ての応用もある。

データ記憶部から出る磁場の影響により磁場センサの磁化方向や磁区構造が変化する。これは、所謂非等方性の磁気抵抗効果のため、電磁抵抗の変化、従って電圧降下Uを与えることになる。こうして得られた電気信号は、周知の手段で更に処理される。個々の(大抵パーマロイ製の)の薄膜では、測定信号に基づく磁気抵抗の変化は、最大で約3%になる。実際には、測定信号の良さは主にS/N比に依存する。それにもかかわらず、測定信号を大きくすることも望ましい。

##### 〔発明の課題〕

それ故、この発明の課題は、磁気抵抗の変化、従って測定信号が従来より周知の磁場センサよりも大きい磁場センサを提供することにある。

##### 〔課題を解決する手段〕

上記の課題は、この発明により、強磁性薄膜および磁気記憶されたデータを読み取るために付属している電流接触子と電圧接触子を有する磁場センサにあって、中間層Cで分離されている少なくとも二つの強磁性薄膜A,Bを使用し、これ等の強磁性薄膜が、外部磁場H<sub>b1</sub>, H<sub>b2</sub>の作用なしの下で、またはこの作用の下で、両方の強磁性薄膜の磁化方向を一定の方向に関して逆平行にする材料で構成され、中間層Cが電子の平均自由行程より小さい膜厚を有し、両方の強磁性薄膜との境界面でスピニの向きに依存する電子散乱を発生させる材料で構成されていることによって解決されている。

##### 〔作用・効果〕

この発明による多層膜を用いれば、測定信号の強度の増加は少なくとも3倍になる。

この発明の発想は、測定信号を発生する磁気抵抗の変化が伝導電子の磁気散乱に依りしていることを利用して

いる。これは磁性薄膜を流れる電子の磁気モーメントが揃うことに基づいている。ここで考慮するような磁性薄膜構造では、電子の散乱、つまり電気抵抗が逆平行の磁化方向により増大する。この効果は磁化方向に平行および逆平行なスピニの向きの電子の散乱率に帰している。スピニの向きに依存する上記の電子散乱は非磁性不純物を含むバルク磁性材料にあたることはJ. W. F. Dorleign, Philips Reps. Repts. 31, 287, 1976, またはI. A. Campbell and A. Fest in "Ferromagnetic materials", Vol. 3ed. by E. P. Wohlaerth, North-Holland Publ. Comp., 1982により周知である。これ等の文献では、不純物での電子の散乱は、両方のスピニの向きで異なる。散乱率の比の数値は上記文に記載されている。この発明により層状にした構造では、比磁性中間層がバルク材料中の不純物と同じ役割を演じている。散乱は今度は境界面で生じている。この効果の類似性のため、合金から知られているデータを層構造に対する材料の適当な組み合わせの選択に利用できる。

その外、層状にした構造では隣接する両方の磁性薄膜の磁化方向の間の角度を可変できる可能性がある。両方のスピニ方向に対して境界面で著しく異なる散乱率を発生させる材料を中間層に選んだと仮定しよう。両方の強磁性薄膜が平行に向いていれば、或るスピニの向きの電子のみが散乱する。磁化方向が逆方向であれば、両方のスピニの向きの電子が強く散乱され、電気抵抗が増加する。従って、センサで利用する両方の強磁性薄膜の磁化方向の角度 $\phi$ に依存する抵抗効果が生じる。この場合、信号磁場H<sub>s</sub>が角度 $\phi$ と電気抵抗を変化させる。

隣接する二つの強磁性薄膜の変化方向が互いに回転している薄膜構造は、既に周知の他の理由から磁場センサとして特に注目されている。一部逆平行に向けると、センサの縁部分の散乱磁場が減少するので、縁部の磁区をなくすことができる。これは検出器雑音を低減し、S/N比に好ましい効果を与える。それ故、磁化方向を望む向きにする処置は、周知であり従来技術に属する。これ等の場合、中間層を通常充分厚く選ぶので、両方の磁性薄膜の磁気結合しない。上記の場合、この発明は新しい磁気抵抗の効果により信号の増大に導く使用材料に関する。一般的の場合に応用される規則は、中間層で電子の散乱がスピニの向きに強く依存する材料の組み合わせを使用することにある。散乱率の値は前記文献に記載されている。

この発明によれば、互いに回転している磁化の向きをどのように実現するかの新しい可能性が提示される。この可能性は反強磁性中間層の磁気結合の効果を利用しいる。そして、同時にこの効果とスピニの向きに依存する電子散乱により抵抗効果を示す材料を提示している。

磁化方向を逆平行( $\phi = 180^\circ$ )にし、しかもこれ等の磁化が信号磁場H<sub>s</sub>に垂直となるように調節すれば、センサを使用している間、信号磁場H<sub>s</sub>に適当なバイアスH<sub>b2</sub>

を重ねる方法で最適角度 $\phi$ を達成できる。 $\phi = 0$ の信号 $H_s$ による抵抗変化が充分大きければ、バイアス磁場 $Hb^2$ は不要である。しかし、センサを使用する前に逆平行の向きにするため、他のバイアス磁場 $Hb^1$ を使用する必要があるかもしれない。ここでは、上記バイアス磁場はセンサ面に平行で、 $H_s$ の方向に垂直に作用すると仮定する。

磁場センサの第一の実施例では、異なる保磁力 $H_c$ を有する材料の二つの強磁性薄膜を使用する。その場合、両方の強磁性薄膜は比磁性の中間層で磁気分離されている。この場合、両方の薄膜の磁化の逆方向の向きは、例えば永久磁石で生じる外部の磁場の一定値に対して薄膜の束の磁化曲線が通過すると得られる。大きな保磁力 $H_c$ を有する材料として、強磁性薄膜に対してFe, Co, Niの硬磁性合金が、小さい $H_c$ を有する材料として、他の強磁性薄膜に対して軟磁性遷移金属合金、例えばパーマロイを用いると効果的である。中間層の非磁性金属としては、例えばV, Ru, CrまたはAuを選ぶことができる。中間層の膜厚は伝導電子の平均自由行程以下にすべきである。最後に述べた磁場センサの実施例では、1~10nmの膜厚の中間層が有利である。何故なら、これにより両方の磁性薄膜を磁気分離するからである。

この発明の磁場センサの他の実施例では、中間槽で分離された二つの強磁性薄膜が使用され、一方の強磁性薄膜に反強磁性の他の薄膜が接している。磁場センサのこの実施例では、強磁性体と反強磁性体の間の境界面に生じ、反強磁性薄膜に接する強磁性薄膜のヒステリシス曲線にそれを与える所謂「交換非等方性」を利用して、外部磁場 $Hb^1$ の使用の下で強磁性薄膜の磁化を逆平行にできる。

その場合、強磁性薄膜は軟磁性の遷移金属（例えばパーマロイ）で構成されていると好ましい。例えば、Au, Cr, V, Ruから成る中間層の膜厚が1~10nmであると有利である。

#### 中間層の反強磁性材料はMnFeであると好ましい。

この発明の磁場センサの次の実施例は、特許請求の範囲の第8項の構成を有する。この場合には、強磁性薄膜の磁化を逆平行に向けることを反強磁性結合で行っている。この場合、中間層は主としてCrまたはYである。この中間層の膜厚は0.3~2nmの範囲にある。中間層は好ましくは単結晶で、通常、製造方法により中間層が成長する薄膜も単結晶である。

当然、種々の前記実施例の構成を磁場センサ中で組み合せててもよい。

#### 【実施例】

以下、この発明による磁場センサを図面に模式的に示しより詳しく説明する。

第1図に示すこの発明の磁場センサは、薄膜の束1、電流I用の電流接触子2および測定電圧U用の電圧接触子3で構成されている。薄膜の束1は非磁性中間薄膜で分

離された二枚の強磁性薄膜で構成されている。これ等も強磁性薄膜の二つの磁化方向7は白い矢印と黒い矢印で示してある。両方の磁化方向は一定角度ほど互いに回転している。信号を検出する場合、センサはデータ記憶部4に対して相対移動する。この移動方向は参照符号5で示してある。その場合、データ担体から出る磁場（湾曲した矢印6）で両方の磁化方向の間の角度 $\phi$ が変化する。これはセンサの電気抵抗を変え、センサで検知された電圧により測定信号を発生させる。

10 第2図はセンサの正面図を示す。M<sub>1</sub>とM<sub>2</sub>は両方の強磁性薄膜の磁化であり、H<sub>s</sub>は測定信号で、 $\phi$ の正しい値を調節するため、この測定方法に更にバイアス磁場 $Hb^2$ が重ねている。H<sub>b</sub><sup>1</sup>はセンサを使用する前にM<sub>1</sub>とM<sub>2</sub>の逆平行の向きを与るために使用するバイアス磁場である。

第3図に示す薄膜の束では、二つの強磁性薄膜A, Bの逆平行の磁化方向を異なる二つの方法で発生させている。中間層Cが充分厚く、薄膜AとBを中間層Cで磁気分離させているなら、適當なバイアス磁場 $Hb^1$ で二つの薄膜AとBが異なる保磁力 $H_c$ を有することによりM<sub>1</sub>とM<sub>2</sub>の逆平行の向きを実現できる。適當な中間層材料Cでは、逆平行の整列を反強磁性中間層の磁気結合でも実現できる。

20 第4図はこの発明の磁場センサの他の実施例の薄膜を示す。この場合、薄膜A, Bと中間層C以外に、反強磁性材料（例えばMnFe）の他の薄膜Dも使用されている。薄膜AとBの材料は、例えばパーマロイであり、中間層Cの材料は、例えば膜厚が約5nmのAuまたはRuである。この場合、薄膜Bのヒステリシスは、交換非等方性効果によりバイアス磁場 $Hb^1$ を介して再び逆平行状態が生じるようにする。

#### 【図面の簡単な説明】

第1図、磁気記憶体を伴うこの発明の磁場センサの模式図、

第2図、バイアス磁場 $Hb^1$ と $Hb^2$ および信号磁場 $H_s$ を有するセンサの正面図、

第3図、中間層Cで磁気分離されている強磁性薄膜AとBの断面図、

第4図、更に反強磁性薄膜Dを有する薄膜の配置の断面図、

40 図中参照符号：

- 1 ……薄膜の束
- 2 ……電流接触子
- 3 ……電圧接触子
- 4 ……データ記憶体
- 5 ……運動方向

A, B ……薄膜

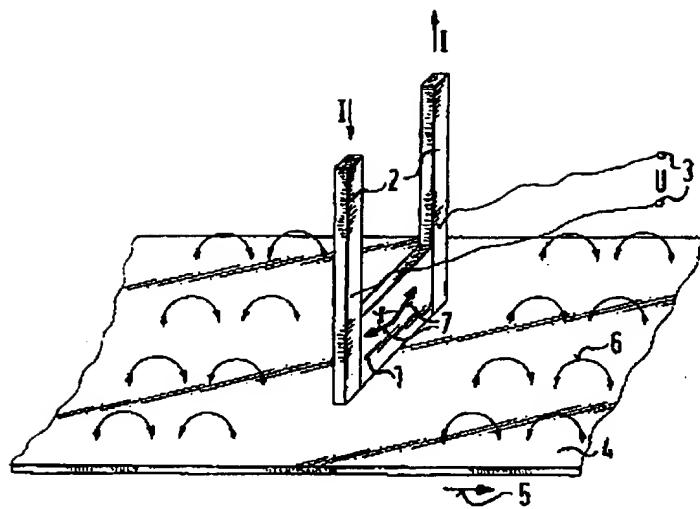
C ……中間層

H<sub>s</sub> ……測定磁場

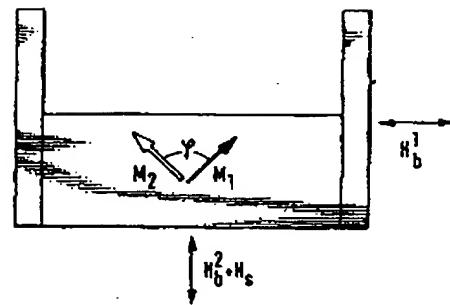
I ……電流

U ……測定電圧

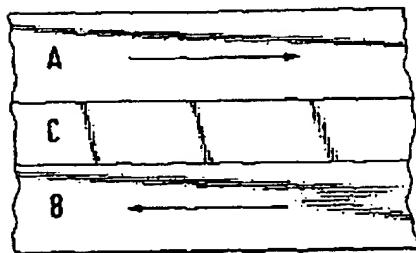
【第1図】



【第2図】



【第3図】



【第4図】

